



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 199 11 095 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
B 23 H 7/08

⑯ Unionspriorität:

10-80547 13. 03. 98 JP  
10-131397 23. 04. 98 JP

⑯ Anmelder:

Hitachi Cable, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑯ Vertreter:

Vossius & Partner GbR, 81675 München

⑯ Aktenz. ich n: 199 11 095.6  
⑯ Anmeldetag: 12. 3. 99  
⑯ Offenlegungstag: 16. 9. 99

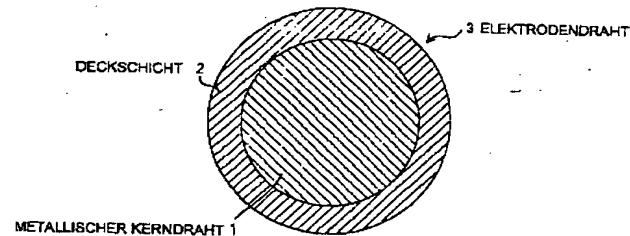
⑯ Erfinder:

Sato, Takahiro, Hitachi, Ibaraki, JP; Kimura, Takamitsu, Hitachi, Ibaraki, JP; Watabe, Masato, Hitachi, Ibaraki, JP; Shimojima, Kiyoshi, Hitachi, Ibaraki, JP; Aoyama, Seigi, Kitaibaraki, Ibaraki, JP; Kawano, Hideo, Hitachi, Ibaraki, JP; Tamura, Koichi, Hitachi, Ibaraki, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät

⑯ Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät bereitzustellen, der geringe Herstellungskosten aufweist, dessen Leitfähigkeit und Festigkeit bei hoher Temperatur ausreichend sind und der zum Verbessern der Geschwindigkeit der Elektroentladungsbearbeitung geeignet ist. Die Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung ist um einen metallischen Kerndraht herum gebildet, der aus einer Cu-0,02-bis-0,2Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25Sn-0,15-bis-0,25In-Legierung besteht.



DE 199 11 095 A 1

DE 199 11 095 A 1

## Beschreibung

Diese Erfindung betrifft einen Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät und insbesondere einen Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät mit einer Deckschicht.

5 Als ein herkömmlicher Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät wird ein Draht aus einer Cu-Zn-Legierung (ein Messingdraht) verwendet, der 32 bis 36 Gewichtsprozent Zn enthält.

Abgesehen davon ist ein zusammengesetzter Draht, der aus einem aus einem Stahldraht bestehenden metallischen Kerndraht und einer aus einer Cu-35Zn-Legierung bestehenden Deckschicht zusammengesetzt ist, als ein Elektrodendraht mit hoher Festigkeit für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät bekannt. Weiterhin ist ein dafür zu verwendender Elektrodendraht, der aus einem metallischen Kerndraht, der aus einer Cu-Legierung, wie einer Cu-0,15Sn- oder einer Cu-0,15Ag-Legierung besteht, und einer aus einer Cu-35Zn-Legierung bestehenden Deckschicht zusammengesetzt ist, bekannt (japanisches Patent Kokai 6-47130).

10 Als ein Verfahren zum Erhöhen der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit und zum Erhalten eines dafür zu verwendenden Elektrodendrahts, der eine hohe Wirksamkeit aufweist, ist ein Verfahren bekannt, bei dem durch Hinzufügen von Al zur Cu-Zn-Legierung die Konzentration von Zn bei der Cu-Zn-Legierung erhöht oder die Wärmewiderstandsfähigkeit des Elektrodendraths verbessert wird (Furukawa Electric Review, No. 75, März 1985).

Vor kurzem wurde im Hinblick auf eine Verbesserung der Produktivität eine weitere Erhöhung der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit gefordert. Zum Erfüllen der erwähnten Anforderung wurde ein Elektrodendraht mit einer Deckschicht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, der aus einem metallischen Kerndraht, der aus Cu-2,0Sn, Cu-0,3Sn, Cu-13Zn, Cu-0,6Ag oder Cu-4,0Zn-0,3Sn besteht, und einer aus einer Cu-Zn-Legierung, die einen hohen Gewichtsanteil Zn enthält, gebildeten Deckschicht zusammengesetzt ist, vorgeschlagen (japanisches Patent Kokai 5-339664).

15 Da die Schicht aus einer Cu-Zn-Legierung beim erwähnten Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät jedoch 38 bis 49 Gewichtsprozent Zn enthält, besteht die Schicht aus einer Cu-Zn-Legierung aus einer Mischverbindung aus einer  $\alpha$ - und einer  $\beta$ -Phase oder einer einphasigen Verbindung, die nur die  $\beta$ -Phase aufweist. Da eine Kaltbearbeitung der Schicht aus einer Cu-Zn-Legierung schwierig wird, wenn die Verbindung mit der  $\beta$ -Phase vorherrschend wird, kann der erwähnte Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät ausschließlich durch eine Warmbearbeitung (durch ein Warm-Fließpressen) hergestellt werden, und die Herstellungskosten werden daher hoch.

20 Da beim erwähnten Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät weiterhin eine Cu-Legierung, wie Cu-2,0Sn, Cu-0,3Sn, Cu-13Zn, Cu-0,6Ag oder Cu-4,0Zn-0,3Sn als das Material des metallischen Kerndrahts verwendet wird, sind die folgenden Nachteile unvermeidbar. Dieses Produkt ist hinsichtlich der Bearbeitbarkeit beim Ziehprozeß mangelhaft, wenn der metallische Kerndraht aus Cu-2,0Sn besteht. Die Wärmewiderstandsfähigkeit (Festigkeit bei hoher Temperatur) des Produkts ist gering, und es tritt bei der praktischen Verwendung eine Instabilität der Entladung auf, weil der Draht bricht oder sich vor dem Brechen verlängert, wenn der metallische Kerndraht aus Cu-13Zn besteht. Bei dem Produkt mit einer geringen elektrischen Leitfähigkeit (wenn der metallische Kerndraht aus Cu-4,0Zn-0,35Sn besteht) oder bei einer geringen Wärmewiderstandsfähigkeit ist die Verbesserung der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit nicht zufriedenstellend. Bei einer Ag enthaltenden Legierung werden die Materialkosten hoch. Da die Wärmewiderstandsfähigkeit einer im japanischen Patent 6-47130 offenbarten Cu-Legierung für den metallischen Kerndraht ungenügend ist, kann die Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit nicht verbessert werden (Cu-0,15Sn), und die Materialkosten der Ag enthaltenden Cu-Legierung sind im allgemeinen hoch.

25 Eine Aufgabe der Erfindung besteht demgemäß darin, die erwähnten Probleme zu lösen und einen Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, der aus einem aus einer Cu-Legierung gebildeten metallischen Kerndraht und einer aus einer Cu-Zn-Legierung gebildeten Deckschicht zusammengesetzt ist, bereitzustellen, welcher geringe Materialkosten, eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit und eine ausreichende Wärmewiderstandsfähigkeit aufweist und 30 zum Verbessern der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit geeignet ist.

35 Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät bereitzustellen, der aus einem metallischen Kerndraht, der aus einer Cu-Legierung besteht, und einer Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung, die aus einer einphasigen Verbindung, die nur eine  $\alpha$ -Phase aufweist, besteht, zusammengesetzt ist.

40 Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät bereitzustellen, der aus einem metallischen Kerndraht, der aus einer Cu-Legierung besteht, und einer Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung, die aus einer Mischphasenverbindung mit einer  $\alpha$ - und einer  $\beta$ -Phase besteht, zusammengesetzt ist.

45 Gemäß dem ersten Merkmal der Erfindung weist ein Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät folgendes auf:  
einen aus einer Cu-0,02-bis-0,2-Gew.-%-Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25-Gew.-%-Sn-0,15-bis-0,25-Gew.-%-In-Legierung bestehenden metallischen Kerndraht und  
eine aus einer Cu-Zn-Legierung bestehende Deckschicht.

50 Gemäß dem zweiten Merkmal der Erfindung weist ein Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät folgendes auf:  
einen aus einer Cu-0,02-bis-0,2-Gew.-%-Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25-Gew.-%-Sn-0,15-bis-0,25-Gew.-%-In-Legierung bestehenden metallischen Kerndraht und  
eine Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung, die aus einer einphasigen Verbindung, die nur eine  $\alpha$ -Phase aufweist, besteht.

55 Gemäß dem dritten Merkmal der Erfindung weist ein Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät folgendes auf:  
einen aus einer Cu-0,02-bis-0,22Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25Sn-0,15-bis-0,25In-Legierung bestehenden metallischen Kerndraht und

# DE 199 11 095 A 1

eine aus einer Mischverbindung der  $\alpha$ - und der  $\beta$ -Phase einer Cu-Zn-Legierung bestehende Deckschicht.

Die Erfindung betrifft das Material eines metallischen Kerndrahts eines Elektrodendrahts für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät mit einer aus einer Cu-Zn-Legierung bestehenden Deckschicht.

Der Grund für das Beschränken des Materials des metallischen Kerndrahts auf eine Cu-Legierung besteht darin, daß die Zugfestigkeit und die elektrische Leitfähigkeit bei hoher Temperatur zufriedenstellend sind. Ein Stahldraht wird nicht berücksichtigt, weil er hinsichtlich seiner Geradheit mangelhaft ist, wenn er sich löst. Es ist überdies schwierig, den Stahldraht für eine Verarbeitungsmaschine zu verwenden. Ein Cu-Draht wird nicht berücksichtigt, weil seine Zugfestigkeit bei einer hohen Temperatur ungenügend ist.

Der Grund für die Auswahl der erwähnten Zahlenwerte für die Zusammensetzung des metallischen Kerndrahts wird erklärt.

Bei einer Cu-0,02-bis-0,2Zr-Legierung ist die Wärmewiderstandsfähigkeit ungenügend, und die Instabilität der Entladung steigt an, wenn die Konzentration von Zr kleiner als 0,02 Gewichtsprozent ist, und sie übersteigt die Grenze einer Festlösung einer Cu-Zn-Legierung, und es beginnt ein Ausfällen von  $Cu_3Zr$ , wenn die Konzentration von Zr 0,2 Gewichtsprozent übersteigt, und es kann das Brechen eines Drahts auftreten, so daß die Konzentration von Zr auf einen Bereich von 0,02 bis 0,2 Gewichtsprozent begrenzt ist. Da eine Cu-0,05-bis-0,16Zr-Legierung, bei der die Konzentration von Zr 0,05 bis 0,16 Gewichtsprozent beträgt, für verschiedene Zwecke weitverbreitet als eine Cu-0,16Zr-Legierung verwendet wird, ist diese Legierung die wirtschaftlichste Cu-Zr-Legierung.

Als nächstes werden die Konzentrationen von Sn und In in der Cu-0,15-bis-0,25Sn-0,15-bis-0,25In-Legierung erörtert. Sn und In werden zu der Legierung hinzugefügt, um ihre Festigkeit zu erhöhen, die Wirkung von Sn auf das Verringen der elektrischen Leitfähigkeit der Legierung ist jedoch erheblicher als diejenige von In. Da die elektrische Leitfähigkeit des Drahts im Hinblick auf die Stabilität der Entladungseigenschaften hoch gehalten werden sollte, ist es wünschenswert, daß die Konzentration von In höher ist als diejenige von Sn. Da In jedoch einen hohen Preis aufweist, wird die Konzentration von In unterhalb von 0,25% gehalten. Es besteht demgemäß eine Notwendigkeit, die Menge des hinzugefügten Sn zu erhöhen, die Leitfähigkeit der Legierung nimmt jedoch erheblich ab, wenn die Konzentration von Sn 0,25 Gewichtsprozent übersteigt. Die erwähnte Verbindung wird auf der Grundlage eines Kompromisses zwischen der Verbesserung der Entladungseigenschaften und wirtschaftlichen Überlegungen ausgewählt.

Weiterhin wird die Konzentration von Zn bei der Cu-Zn-Legierung erörtert. Wenn die Konzentration von Zn 32 bis 38 Gewichtsprozent beträgt, kann die Cu-Zn-Legierung aus einer einphasigen Verbindung mit einer  $\alpha$ -Phase bestehen, und wenngleich die Zugfestigkeit und die Härte ansteigen, wenn die Konzentration von Zn ansteigt, ist die Härte im Bereich der  $\alpha$ -Phase nicht so hoch, und die Cu-Zn-Legierung kann durch eine Kaltbearbeitung verarbeitet werden. Dementsprechend läßt sich der Herstellungsprozeß einschließlich eines Ziehens leicht ausführen. Die Konzentration von Zn von 32 bis 36 Gewichtsprozent entspricht derjenigen der Cu-35Zn-Legierung (65/35-Messing), die weitverbreitet für verschiedene Zwecke verwendet wird. Die Cu-35Zn-Legierung besteht aus einer einphasigen Verbindung mit einer  $\alpha$ -Phase, die für eine Kaltbearbeitung geeignet ist, auf dem Markt leicht erhältlich ist und im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit günstig ist.

Weil die Dicke der aus einer Cu-Zn-Legierung bestehenden Deckschicht bei einem Elektroentladungs-Bearbeitungsprozeß mit hoher Wirksamkeit um etwa 30  $\mu m$  verringert wird, wird die Dicke der aus einer Cu-Zn-Legierung bestehenden Deckschicht so ausgewählt, daß sie mehr als 30  $\mu m$  beträgt, um eine Situation zu vermeiden, bei der ein Brechen des Drahts auftritt, und daß sie weniger als 40  $\mu m$  beträgt, weil die elektrische Leitfähigkeit des Drahts zum Erfüllen der Funktion eines Elektrodendrahts für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät ungenügend wird, wenn die Dicke der Deckschicht 40  $\mu m$  übersteigt.

Die Erfindung wird in näheren Einzelheiten in Zusammenhang mit der anliegenden Zeichnung erklärt, wobei

Fig. 1 eine Schnittansicht eines eine Deckschicht aufweisenden Elektrodendrahts für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät ist,

Fig. 2A eine fotografische Darstellung ist, die eine Zusammensetzung eines Querschnitts eines Elektrodendrahts für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der vierten bevorzugten Ausführungsform zeigt, und

Fig. 2B eine Konzentrationsverteilung von Zn in einer Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung gemäß der vierten bevorzugten Ausführungsform zeigt.

Nachfolgend werden die bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung erklärt.

Fig. 1 ist eine Schnittansicht eines Elektrodendrahts für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der Erfindung.

Wie in Fig. 1 dargestellt ist, besteht der Elektrodendraht 3 für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der Erfindung aus einem aus einer Cu-0,02-bis-0,2Zr-Legierung (oder einer Cu-0,15-bis-0,25Sn-0,15-bis-0,25In-Legierung) gebildeten metallischen Kerndraht 1 und einer Deckschicht 2, die aus einer Cu-Zn-Legierung besteht, welche aus einer einphasigen Verbindung mit einer  $\alpha$ -Phase oder aus einer Mischverbindung von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen besteht.

Mit einem Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, der aus einem metallischen Kerndraht besteht, welcher aus einer Cu-0,02-bis-0,2Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25Sn-0,15-bis-0,25In-Legierung besteht, und einer Deckschicht, die aus einer Cu-Zn-Legierung besteht, welche aus einer einphasigen Verbindung mit einer  $\alpha$ -Phase besteht, kann der Elektrodendraht gemäß der Erfindung für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät mit hoher Wirksamkeit, welcher leicht durch Kaltbearbeitung verarbeitet werden kann, erhalten werden. Da die Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung gemäß der Erfindung aus einer einphasigen Verbindung mit einer  $\alpha$ -Phase besteht, unterscheiden sich die mechanischen Eigenschaften der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung gemäß der Erfindung von denjenigen einer herkömmlichen Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung, die aus einer Mischverbindung mit einer  $\alpha$ - und einer  $\beta$ -Phase oder einer einphasigen Verbindung, die nur eine  $\beta$ -Phase aufweist, besteht. Die Zugfestigkeit der erstgenannten ist geringer als die der letzteren, und die Verringerung der Fläche der erstgenannten ist größer als diejenige der letzteren, so daß die Verformbarkeit der erstgenannten höher ist als diejenige der letzteren. Falls eine Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung aus einer einphasigen Verbindung mit einer  $\alpha$ -Phase besteht, ist die Verbesserung der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit im Vergleich zu derjenigen gering, die erreicht wird, wenn die Schicht aus

# DE 199 11 095 A 1

einer Cu-Zn-Legierung aus einer Mischverbindung, die eine  $\alpha$ - und eine  $\beta$ -Phase oder nur eine  $\beta$ -Phase aufweist, besteht, weil die Konzentration von Zn verringert ist. Beim Elektrodendraht gemäß der Erfindung wird die Verringerung des Verbesserungs der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit jedoch so gering wie möglich gemacht, indem der Elektrodendraht verwendet wird, der einen aus einer Cu-0,02-bis-0,2Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25Sn-0,15-bis-0,25In-Legierung bestehenden metallischen Kerndraht aufweist. Wenngleich die Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung aus einer einphasigen Verbindung mit einer  $\alpha$ -Phase besteht, ist die Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit des Elektrodendrahts für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der Erfindung viel höher als diejenige des herkömmlichen Elektrodendrahts aus einer massiven Cu-35Zn-Legierung für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät.

Da der Elektrodendraht durch eine Kaltbearbeitung hergestellt werden kann, ist der so erhaltene Elektrodendraht kostengünstig, und es können dann die Kosten der Fertigung des Elektrodendrahts für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät verringert sein.

Wenn von den Cu-Zn-Legierungsprodukten die Cu-35Zn-Legierung ausgewählt wird, die auf dem Markt leicht erhältlich ist und die den geringsten Preis aufweist und für verschiedene Zwecke weitverbreitet verwendet wird, können die Kosten für die Fertigung des Elektrodendrahts für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät weiter verringert werden.

Wenn andererseits eine Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung aus einer Mischverbindung mit einer  $\alpha$ - und einer  $\beta$ -Phase besteht, wird es schwierig, die Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung durch eine Kaltbearbeitung zu verarbeiten, wenn der Prozentsatz der Verbindung mit einer  $\beta$ -Phase ansteigt, wenngleich die Verbesserung der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit hoch ist. Falls die Konzentration von Zn in der Nähe der Oberfläche der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung in diesem Fall durch eine Wärmebehandlung niedrig gemacht wird, kann die Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung leicht durch eine Kaltbearbeitung verarbeitet werden, wenngleich der Gehalt an Zn insgesamt hoch ist. Da es sehr schwierig ist, eine Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung, die aus einer einphasigen Verbindung besteht, welche nur eine  $\beta$ -Phase aufweist, durch Kaltbearbeitung zu verarbeiten, liegt diese Legierungsschicht außerhalb des Schutzmangels der Erfindung.

## 25 (Erste bevorzugte Ausführungsform)

Ein zusammengesetzter Draht wird durch Einführen eines metallischen Kerndrahts, der aus einer Cu-0,16Zr-Legierung besteht und einen Außendurchmesser von 7,1 mm aufweist, in ein Rohr, das aus einer Cu-35Zn-Legierung besteht und einen Außendurchmesser von 10 mm und eine Dicke von 1,2 mm aufweist, gebildet. Das Rohr aus einer Cu-35Zn-Legierung wird durch einen gewöhnlichen Fließpreßprozeß hergestellt.

Der zusammengesetzte Draht wird durch Ziehen zu einem Draht mit einem Durchmesser von 0,9 mm geformt, der zum Ausglühen einer Wärmebehandlung unterzogen wird.

Schließlich wird der zusammengesetzte Draht mit einem Durchmesser von 0,9 mm gezogen und zu einem Draht mit einem Durchmesser von 0,25 mm geformt, und es kann ein Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, der eine Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung mit einer Dicke von 31  $\mu\text{m}$  aufweist, die 35 Gewichtsprozent Zn enthält, erhalten werden.

Weiterhin wird ein zusammengesetzter Draht durch Einführen eines metallischen Kerndrahts, der aus Cu-0,16Zr besteht und einen Außendurchmesser von 7,1 mm aufweist, in ein Rohr, das aus einer Cu-40Zn-Legierung besteht und einen Außendurchmesser von 10 mm und eine Dicke von 1,2 mm aufweist, gebildet. Das Rohr aus einer Cu-40Zn-Legierung wird durch einen gewöhnlichen Fließpreßprozeß hergestellt.

Der zusammengesetzte Draht wird durch Ziehen zu demjenigen mit einem Durchmesser von 7,9 mm geformt, der zum Ausglühen einer Wärmebehandlung unterzogen wird. Nachfolgend wird der zusammengesetzte Draht durch Ziehen zu einem Draht mit einem Durchmesser von 1,2 mm geformt, der zum Ausglühen wiederum einer Wärmebehandlung unterzogen wird.

Schließlich wird der zusammengesetzte Draht mit einem Durchmesser von 1,2 mm gezogen und zu einem Draht mit einem Durchmesser von 0,25 mm geformt, und es kann ein Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, der eine Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung mit einer Dicke von 31  $\mu\text{m}$ , die 40 Gewichtsprozent Zn enthält, erhalten werden.

## 50 (Zweite bevorzugte Ausführungsform)

Der Prozeß zur Herstellung eines Elektrodendrahts für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der zweiten bevorzugten Ausführungsform gleicht demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,19Sn-0,2In-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt, und es werden Elektrodendrähte der beiden Arten für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, deren Cu-Zn-Legierungsschichten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn enthalten und gewöhnlich 31  $\mu\text{m}$  dick sind, hergestellt.

## (Vergleichsbeispiel 1)

60 Es werden zwei Arten von Elektrodendrähten für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät als Vergleichsbeispiele hergestellt, wobei der Prozeß zu ihrer Herstellung demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform gleicht, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,2Sn-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt. Die Cu-Zn-Legierungsschichten der vorhergehend erwähnten Elektrodendrähte der beiden Arten enthalten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn und sind gewöhnlich 31  $\mu\text{m}$  dick. Es wurde herausgefunden, daß der aus einer Cu-2,0Sn-Legierung bestehende metallische Kerndraht nicht für einen Ziehprozeß geeignet ist, und der Prozeß der Herstellung des Elektrodendrahts für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, das diese Legierungsschicht enthält, ist nicht unproblematisch.

# DE 199 11 095 A 1

## (Vergleichsbeispiel 2)

Es werden zwei Arten von Elektrodendrähten für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät als Vergleichsbeispiele hergestellt, wobei der Prozeß zu ihrer Herstellung demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform gleicht, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,3Sn-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt. Die Cu-Zn-Legierungsschichten der vorhergehend erwähnten Elektrodendrähte der beiden Arten enthalten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn und sind gewöhnlich 31 µm dick.

## (Vergleichsbeispiel 3)

Es werden zwei Arten von Elektrodendrähten für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät als Vergleichsbeispiele hergestellt, wobei der Prozeß zu ihrer Herstellung demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform gleicht, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,15Sn-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt. Die Cu-Zn-Legierungsschichten der vorhergehend erwähnten Elektrodendrähte der beiden Arten enthalten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn und sind gewöhnlich 31 µm dick.

## (Vergleichsbeispiel 4)

Es werden zwei Arten von Elektrodendrähten für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät als Vergleichsbeispiele hergestellt, wobei der Prozeß zu ihrer Herstellung demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform gleicht, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,13Sn-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt. Die Cu-Zn-Legierungsschichten der vorhergehend erwähnten Elektrodendrähte der beiden Arten enthalten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn und sind gewöhnlich 31 µm dick.

## (Vergleichsbeispiel 5)

Es werden zwei Arten von Elektrodendrähten für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät als Vergleichsbeispiele hergestellt, wobei der Prozeß zu ihrer Herstellung demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform gleicht, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-4,0Zn-0,3Sn-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt. Die Cu-Zn-Legierungsschichten der vorhergehend erwähnten Elektrodendrähte der beiden Arten enthalten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn und sind gewöhnlich 31 µm dick.

## (Vergleichsbeispiel 6)

Es werden zwei Arten von Elektrodendrähten für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät als Vergleichsbeispiele hergestellt, wobei der Prozeß zu ihrer Herstellung demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform gleicht, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,6Ag-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt. Die Cu-Zn-Legierungsschichten der vorhergehend erwähnten Elektrodendrähte der beiden Arten enthalten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn und sind gewöhnlich 31 µm dick.

## (Vergleichsbeispiel 7)

Es werden zwei Arten von Elektrodendrähten für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät als Vergleichsbeispiele hergestellt, wobei der Prozeß zu ihrer Herstellung demjenigen der ersten bevorzugten Ausführungsform gleicht, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,15Ag-Legierung besteht und sein Außendurchmesser 7,1 mm beträgt. Die Cu-Zn-Legierungsschichten der vorhergehend erwähnten Elektrodendrähte der beiden Arten enthalten 35 bzw. 40 Gewichtsprozent Zn und sind gewöhnlich 31 µm dick.

## (Herkömmliches Beispiel 1)

Es wird ein nur aus einer Cu-35Zn-Legierung bestehender Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät mit einem Außendurchmesser von 0,25 mm hergestellt.

## (Herkömmliches Beispiel 2)

Es wird ein nur aus einer Cu-40Zn-Legierung bestehender Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät mit einem Außendurchmesser von 0,25 mm hergestellt.

In Tabelle 1 sind die Daten der bei der ersten und der zweiten bevorzugten Ausführungsform, den Vergleichsbeispielen 1 bis 7 und den Beispielen der herkömmlichen Elektrodendrähte 1 bis 2 verwendeten metallischen Kerndrähte dargestellt. Die Einheiten der in Tabelle 1 dargestellten chemischen Zusammensetzungen sind in Gewichtsprozent angegeben.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

TABELLE 1

		EIGENSCHAFT DES METALLISCHEN KERNDRAHTS				ELEKTROENTLADUNGS-BEARBEITUNGS-GESCHWINDIGKEIT	
		ZUSAM-MENSET-ZUNG (Gew.-%)	FESTIG-KEIT BEI HOHER TEMPE-RATUR (MPa)	LEIT-FÄHIG-KEIT (% IACS)	BEAR-BEIT- BAR- KEIT BEIM ZIEHEN	α-PHASE IN DER DECK- SCHICHT (Cu- 35Zn)	(α+β)- PHASE IN DER DECK- SCHICHT (Cu- 40Zn)
5							
10							
15							
20	AUS -	1 Cu- 0,16Zr	255	80~90	○	1,16	1,21
25	FÜH - RUNGS - FOR - MEN	2 Cu- 0,19Sn- 0,2In	181	76	◎	1,15	1,20
30							
35		1 Cu-2,0Sn	196	30~40	△	1,11	1,16
40	VER - GLEICHSGE - BEI - SPIELE	2 Cu-0,3Sn	176	73	○	1,12	1,17
45		3 Cu- 0,15Sn	166	83	◎	1,13	1,18
50		4 Cu-13Zn	96	25-30	○	1,11	1,16
55	HER - KÖMM - LICHE	5 Cu- 4,0Zn- 0,3Sn	176	50	○	1,10	1,15
60	ELEK - TRODEN - DRAHTE	6 Cu-0,6Ag	245	88	△	1,15	1,20
		7 Cu- 0,15Ag	245	94	○	1,15	1,20
		1 Cu-35Zn	--	--	○	1,00	
		2 Cu-40Zn	--	--	△	1,03	

Als nächstes werden die Festigkeiten bei einer hohen Temperatur (MPa), die Leitfähigkeiten (% IACS) und die Bearbeitbarkeiten beim Ziehen der bei der ersten und der zweiten bevorzugten Ausführungsform, den Vergleichsbeispielen 1 bis 7 und den Beispielen 1 und 2 der herkömmlichen Elektrodendrähte verwendeten metallischen Kerndrähte abgeschätzt. Die Ergebnisse des Vergleichs sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Festigkeiten der Drähte bei hoher Temperatur werden folgendermaßen abgeschätzt. Jeder metallische Kerndraht mit einem Durchmesser von 7,1 mm wird durch Ziehen zu einem Draht mit einem Durchmesser von 0,2 mm geformt, und die Temperatur des metallischen Kerndrahts wird danach für zehn Minuten bei 300°C gehalten. Die Temperatur von

# DE 199 11 095 A 1

300°C entspricht derjenigen des metallischen Kerndrahts des Elektrodendrahts für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, wenn er tatsächlich für seinen wesentlichen Zweck verwendet wird. Danach wird die Zugfestigkeit des metallischen Kerndrahts abgeschätzt. Die elektrische Leitfähigkeit des metallischen Kerndrahts wird nach dem Ziehprozeß gemessen. Die Bearbeitbarkeit beim Ziehprozeß wird durch eigentliches Ziehen des metallischen Kerndrahts durch Preßringe abgeschätzt. Die Ziehvorgänge werden wiederholt, wobei dazwischen nach Bedarf Wärmebehandlungen erfolgen, und die Bearbeitbarkeit wird auf der Grundlage des Auftretens des Brechens des Drahts, des Grads der Verringerung der Schnittfläche des Drahts je Durchgang und der Grenze der Verkleinerungsrate abgeschätzt. Ein Doppelkreis, ein Einzelkreis und ein Dreieck bedeuten jeweils, daß die Bearbeitbarkeit ausgezeichnet, annehmbar bzw. schlecht ist.

Als nächstes werden Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeiten der Elektrodendrähte für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der ersten und der zweiten bevorzugten Ausführungsform, den Vergleichsbeispielen 1 bis 7 und den Beispielen 1 und 2 der herkömmlichen Elektrodendrähte abgeschätzt. Die Ergebnisse der Abschätzung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit wird an einem Werkstück (einem zu bearbeitenden Probestück JIS SKD-11) mit einer Abmessung von 60 mm unter Verwendung einer Elektroentladungs-Bearbeitungsprüfvorrichtung (FX10, hergestellt von Mitsubishi Electric Co.) gemessen. Die Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit wird auf der Grundlage derjenigen des herkömmlichen Elektrodendrahts 1 (2,184 mm/min) normiert.

Wie in Tabelle 1 dargestellt ist, sind die Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeiten der Elektrodendrähte für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der ersten und der zweiten angesprochenen Ausführungsform und den Vergleichsbeispielen 1 bis 7 im Vergleich zu denjenigen der herkömmlichen Elektrodendrähte 1 und 2 erheblich verbessert. Es kann angenommen werden, daß die erwähnten Ergebnisse der Tatsache zuzuschreiben sind, daß der die Deckschicht aufweisende Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät verwendet wird. Dies bedeutet, daß es für die Weiterentwicklung der Technologie nützlich ist, den eine Deckschicht aufweisenden Elektrodendraht anstelle des aus einer massiven Legierung gebildeten Elektrodendrahts für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät zu verwenden, und daß die Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit dabei erhöht ist.

Bezüglich der Elektrodendrähte für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der ersten und der zweiten bevorzugten Ausführungsform und den Vergleichsbeispielen 1 bis 7, die jeweils unterschiedliche Materialqualitäten aufweisen, werden die Eigenschaften der metallischen Kerndrähte und die Verbesserungen der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeiten gemeinsam erörtert.

In den beiden Fällen der Elektrodendrähte für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der ersten und der zweiten bevorzugten Ausführungsform sind sowohl die Festigkeit bei einer hohen Temperatur als auch die elektrische Leitfähigkeit zufriedenstellend, und es können ausgezeichnete Ergebnisse bestätigt werden.

Andererseits ist bei einem Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß einem Vergleichsbeispiel 1 die Bearbeitbarkeit beim Ziehen mangelhaft, und es ist schwierig, den Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät herzustellen.

Bei einem Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß einem Vergleichsbeispiel 2 ist die Leitfähigkeit ungenügend, und die Verbesserung der Geschwindigkeit der Elektroentladungsbearbeitung ist nicht zufriedenstellend.

Bei einem Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß einem Vergleichsbeispiel 3 ist die Festigkeit bei einer hohen Temperatur ungenügend, und die Verbesserung der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit ist nicht zufriedenstellend.

Bei einem Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß einem Vergleichsbeispiel 4 ist die Festigkeit bei einer hohen Temperatur sehr niedrig, und das Brechen eines Drahts kann während einer Elektroentladungsbearbeitung auftreten.

Bei einem Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß einem Vergleichsbeispiel 5 ist die elektrische Leitfähigkeit gering, und die Verbesserung der Elektroentladungs-Bearbeitungsgeschwindigkeit ist ungenügend.

Bei einem Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß den Vergleichsbeispielen 6 und 7 enthält das Material des metallischen Kerndrahts Ag, und die Materialkosten sind im allgemeinen hoch.

## (Dritte bevorzugte Ausführungsform)

Ein zusammengesetzter Draht wird durch Einführen eines metallischen Kerndrahts, der aus einer Cu-0,16Zr-Legierung besteht und einen Außendurchmesser von 7,1 mm aufweist, in ein Rohr, das aus einer Cu-40Zn-Legierung besteht und einen Außendurchmesser von 10 mm und eine Dicke von 1,2 mm aufweist, gebildet.

Dieser zusammengesetzte Draht wird durch Ziehen zu einem Draht mit einem Durchmesser von 7,9 mm geformt, der bei 450°C für 1 Stunde einer Wärmebehandlung unterzogen wird. Als nächstes wird der zusammengesetzte Draht mit einem Durchmesser von 7,9 mm durch Ziehen zu einem Draht mit einem Durchmesser von 1,2 mm geformt, der bei 450°C für 1 Stunde einer Wärmebehandlung unterzogen wird.

Schließlich wird der zusammengesetzte Draht mit einem Durchmesser von 1,2 mm durch Ziehen zu einem Draht mit einem Durchmesser von 0,25 mm geformt, der einer Wärmebehandlung unterzogen wird. Ein Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät mit einer im folgenden erwähnten Struktur kann durch Steuern des Umfangs der Wärmebehandlung erhalten werden. Die Konzentration von Zn in der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung ändert sich in radialer Richtung innerhalb eines Bereichs von 35 bis 45 Gewichtsprozent. Die Konzentration von Zn in einer flachen Schicht, die etwa 5 µm tief ist, unterhalb der Oberfläche der Deckschicht ist geringer als diejenige in einer tiefen Schicht, und die Gesamtdicke der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung beträgt etwa 31 µm.

# DE 199 11 095 A 1

(Vierte bevorzugte Ausführungsform)

Der Herstellungsprozeß der vierten bevorzugten Ausführungsform gleicht demjenigen der dritten bevorzugten Ausführungsform, wobei jedoch ein metallischer Kerndraht aus einer Cu-0,19Sn-0,2In-Legierung besteht und sein Außen-durchmesser 7,1 mm beträgt. Ein Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät mit einer im folgenden erwähnten Struktur kann durch Steuern des Umfangs der Wärmebehandlung erhalten werden. Die Konzentration von Zn in der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung ändert sich in radialer Richtung innerhalb eines Bereichs von 35 bis 45 Gewichtsprozent. Die Konzentration von Zn in einer flachen Schicht, die etwa 5 µm tief ist, unterhalb der Oberfläche der Deckschicht ist geringer als in einer tiefen Schicht, und die Gesamtdicke der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung beträgt etwa 31 µm.

Wie in Fig. 2B dargestellt ist, ist die Bearbeitbarkeit bei der Kaltbearbeitung verbessert, und der Ziehprozeß bei Raumtemperatur kann leicht ausgeführt werden, wenngleich es in einem inneren Abschnitt der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung eine Schicht gibt, die eine hohe Konzentration von Zn enthält, da die Konzentration von Zn in einer flachen Schicht, die etwa 5 µm tief ist, unterhalb der Oberfläche der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung bei jedem der Elektrodendrähte für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der dritten und vierten bevorzugten Ausführungsform etwa 35 Gewichtsprozent beträgt.

In den Fig. 2A und 2B sind die Ergebnisse dargestellt, die mit dem Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der vierten bevorzugten Ausführungsform erhalten werden. Es ist selbstverständlich, daß ähnliche Ergebnisse für den gleichen Fall gemäß der dritten bevorzugten Ausführungsform erhalten werden können.

Wie oben erwähnt wurde, sind beim Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät gemäß der Erfindung im Vergleich zum herkömmlichen Elektrodendraht für das Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, das den bekannten metallischen Kerndraht aufweist, die Herstellungskosten gering, und es können eine zufriedenstellende elektrische Leitfähigkeit und eine zufriedenstellende Festigkeit bei hoher Temperatur erhalten werden, und die Geschwindigkeit und die Wirksamkeit der Elektroentladungsbearbeitung können im Vergleich dazu verbessert sein, da die Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung um den metallischen Kerndraht ausgebildet ist, der aus einer Cu-0,02-bis-0,2Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25Sn-0,15-bis-0,25In-Legierung besteht.

Wenngleich die Erfindung im Hinblick auf eine vollständige und klare Darlegung mit Bezug auf spezielle Ausführungsformen beschrieben worden ist, sind die anliegenden Ansprüche nicht als dadurch eingeschränkt sondern als alle Modifikationen und alternative Konstruktionen, die einem Fachmann einfallen können und die im wesentlichen mit den hier ausgeführten Grundlehren übereinstimmen, umfassend anzusehen.

## Patentansprüche

1. Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, aufweisend:  
einen aus einer Cu-0,02-bis-0,2-Gew.-%-Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25-Gew.-%-Sn-0,15-bis-0,25-Gew.-%-In-Legierung bestehenden metallischen Kerndraht und  
eine aus einer Cu-Zn-Legierung bestehende Deckschicht.
2. Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, aufweisend:  
einen aus einer Cu-0,02-bis-0,2-Gew.-%-Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25-Gew.-%-Sn-0,15-bis-0,25-Gew.-%-In-Legierung bestehenden metallischen Kerndraht und  
eine Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung, die aus einer einphasigen Verbindung, die nur eine  $\alpha$ -Phase aufweist, besteht.
3. Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät nach Anspruch 2, wobei die Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung 32 bis 38 Gewichtsprozent Zn enthält.
4. Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Dicke der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung 30 bis 40 µm beträgt.
5. Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät, aufweisend:  
einen aus einer Cu-0,02-bis-0,2-Gew.-%-Zr-Legierung oder einer Cu-0,15-bis-0,25-Gew.-%-Sn-0,15-bis-0,25-Gew.-%-In-Legierung bestehenden metallischen Kerndraht und  
eine aus einer Mischverbindung der  $\alpha$ - und der  $\beta$ -Phase bestehende Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung.
6. Elektrodendraht für ein Elektroentladungs-Bearbeitungsgerät nach Anspruch 5, wobei die Konzentration von Zn der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung in einer flachen Schicht unterhalb der Oberfläche der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung geringer ist als diejenige in einem inneren Abschnitt der Deckschicht aus einer Cu-Zn-Legierung.
7. Verfahren zur Herstellung eines Elektrodendrahts insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

60

65

FIG. 1

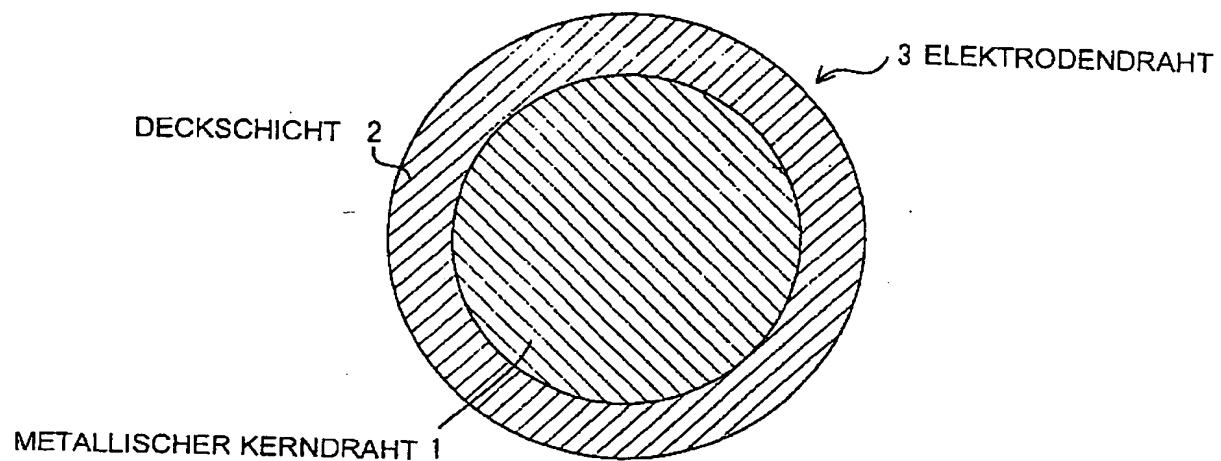


FIG.2A

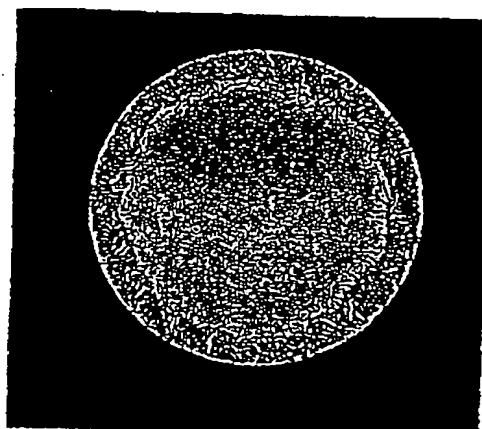


FIG.2B

